不同饲养标准对杜寒杂交肉用绵羊生产和屠宰性能的影响

万　凡[1,2]　马　涛[2]　马　晨[1]　杨　东[2]　屠　焰[2]　杨开伦[1*]　刁其玉[2*]

（1.新疆农业大学，乌鲁木齐 830052；2.中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点实验室，北京 100081）

摘　要:本试验通过比较不饲养标准下，杜寒杂交肉用绵羊增重、器官发育、屠宰性能及肉品质的差异，确定适宜的饲养标准。采用单因素试验设计，选取体重为（28.3±0.86） kg 的杜寒杂交 F1 代肉羊 600 只，随机分为 4 组，每组 3 个重复，每个重复 50 只。4 组分别饲喂按照以下饲养标准配制的饲粮：本实验室（中国农业科学院饲料研究所农业部饲料生物技术重点实验室）提出的杜寒杂交肉用绵羊饲养标准、美国 NRC（2007）、英国 AFRC（1993）以及我国农业行业标准的《肉羊饲养标准》（NY/T 816-2004），分别记为 CARS、NRC、AFRC 和 HB。试验期 81 d，每 3 d 记录 1 次采食量，每 20 d 进行 1 次称重，当 CARS 组羊只的平均体重达到 44 kg 时，每组选取 10 只羊进行屠宰，测定其屠宰性能、组织器官重量和肉品质等指标。结果表明：不同组羊只的实际干物质采食量，NRC 组>AFRC 组>CARS 组>HB 组，其中 NRC 组与 CARS 和 HB 组间差异显著（$P<0.05$），其他组间差异均不显著（$P>0.05$）；平均日增重和胴体重，CARS、HB、AFRC 组间差异均不显著（$P>0.05$），且均显著高于 NRC 组（$P<0.05$）；饲料转化率各组间存在显著差异（$P<0.05$），CARS 组<HB 组<AFRC 组<NRC 组；屠宰率，CARS 组显著高于 NRC 组（$P<0.05$），与 HB、AFRC 组间差异均不显著（$P>0.05$）；CARS 组羊只的心脏、肝脏、肾脏重量占宰前活重比例显著高于其他组（$P<0.05$）；背最长肌失水率、肌肉色亮度、红度和黄度值，各组间均无显著性差异（$P>0.05$）。结果提示，杜寒杂交肉羊在不同饲养标准下的实际日增重 200~220 g，从增重和屠宰性能上来看，CARS 制订的饲养标准与国外饲养标准相比具有明显优势。

关键词：肉羊；饲养标准；生产性能；屠宰性能；器官指数

中图分类号：S826

收稿日期：2016-05-12

基金项目：国家肉羊产业技术体系建设专项资金（CARS-39）；内蒙古自治区科技重大专项"巴美肉羊产业化技术研究集成应用"

作者简介：万　凡（1990—），男，陕西潼关人，硕士研究生，从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: wanfanfw@126.com

*通信作者：杨开伦，教授，博士生导师，E-mail: yangkailun2002@aliyun.com；刁其玉，研究员，博士生导师，E-mail: diaoqiyu@caas.cn

随着我国经济的快速发展，人们生活水平的逐步提高，尤其对羊肉等反刍动物产品的需求也在不断提高，因此绵羊育肥技术的快速发展在生产中越来越发挥着不可替代的作用[1-2]。我国是世界养羊大国，存栏数和羊肉产量都在世界首位[3]。虽然于 2004 年提出了农业行业标准的《肉羊饲养标准》（NY/T 816-2004），但对于蛋白质需要量的评价采用可消化蛋白质营养体系，所提供的指标基本没有经过试验验证。至今已过去 10 多年，针对目前我国育肥肉羊的饲粮配制存在一定的问题，2009 年我国建立了肉羊产业技术体系，关于肉羊营养需要量的研究在不断的发展进行中，尤其是围绕我国南北方具有代表性的肉用绵羊品种系统地开展了营养需要量研究，并取得了阶段性成果。本团队以杜泊×小尾寒羊杂交肉用绵羊为试验动物，开展了能量[4-5]、蛋白质[3,6]等营养需要量的研究，并初步建立了针对性的饲养标准。目前国内多数羊场主要采用美国 NRC 标准，有的采用英国的 AFRC 标准，这些标准各有特点，它们在我国的适用性和有效性在此之前鲜见报道。本试验拟采用本实验室依托国家肉羊产业技术体系建立的杜寒杂交肉用绵羊饲养标准、NRC（2007）、AFRC（1993）、《肉羊饲养标准》（NY/T 816-2004）所给出的营养需要量参数，配合育肥肉羊饲粮，以杜寒杂交肉羊为试验动物，采用饲养试验和屠宰试验相结合的研究方法，研究不同饲养标准对育肥期杜寒杂交肉羊的生产性能和屠宰性能的影响，旨在通过本试验的研究，为我国肉羊饲养标准的制订提供实时依据，以期为制订出一套能够真正指导我国肉羊生产的饲养标准提供数据支持，促进我国肉羊产业的发展。

1 材料与方法

1.1 时间和地点

试验于 2015 年 9 月至 12 月在内蒙古河套农牧技术研究院养殖基地进行，历时 81 d。

1.2 试验设计

本试验采用单因素试验设计，以杜寒杂交肉羊为试验动物，选取体况良好、体重（28.3±0.86） kg 相近的 4~6 月龄公羔 600 只，随机分为 4 组，每组 3 个重复，每个重复 50 只羊。4 组分别饲喂按照以下饲养标准配制的饲粮：本实验室（中国农业科学院饲料研究所农业部饲料生物技术重点实验室）提出的杜寒杂交肉用绵羊饲养标准、美国 NRC（2007）、英国 AFRC（1993）以及我国农业行业标准的《肉羊饲养标准》（NY/T 816-2004），分别记为 CARS、NRC、AFRC 和 HB。根据各标准中 30~40 kg、40~50 kg 体重 300 g 日增重的

营养需要量配制试验饲粮，以全混合日粮（TMR）形式饲喂。试验饲粮自行配制，预混料由北京精准动物营养研究中心提供。4 个饲养标准的试验饲粮组成及营养水平见表 1。试验全期自由采食、自由饮水，于第 81 天，选取 10 只接近组平均体重的羊进行屠宰，测定其屠宰性能、组织器官发育和肉品质等指标。

表 1　4 个饲养标准的试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the 4 experimental diets formulated according to the 4 feeding standards (air-dry basis)　%

项目 Items	30~40 kg				40~50 kg			
	CARS	NRC	AFRC	HB	CARS	NRC	AFRC	HB
原料 Ingredients								
玉米 Corn	30.0	30.0	30.0	30.0	40.0	30.0	30.0	35.0
麸皮 Wheat bran	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
豆粕 Soybean meal	5.0		5.0	7.5	7.5	2.5	5.0	5.0
油渣 Greaves	7.5	5.0	5.0	5.0	5.0	2.5	2.5	5.0
青贮 Silage	13.0	13.0	13.0	13.0	10.0	10.0	10.0	10.0
玉米胚芽 Corn germ	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
羊草 Chinese wild rye hay	34.5	42.0	37.0	34.5	27.5	45.0	42.5	35.0
食盐 NaCl	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
石粉 Limestone	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
碳酸氢钙 $CaHPO_4$	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
预混料 Premix1)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
合计 Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels2)								
总能 GE/(MJ/kg)	16.6	17.1	15.0	15.1	16.3	16.0	16.6	16.5
干物质 DM	90.9	91.8	91.2	90.9	89.3	91.8	91.5	89.4
粗蛋白质 CP	10.6	10.0	10.4	10.6	11.8	9.9	10.8	11.1
粗脂肪 EE	2.17	2.11	2.24	2.32	2.20	2.42	2.38	2.42
粗灰分 Ash	6.86	7.17	7.17	7.07	7.08	7.65	6.57	6.36
中性洗涤纤维 NDF	53.2	60.7	58.8	54.0	60.2	67.2	64.4	53.7
酸性洗涤纤维 ADF	24.2	27.1	26.8	24.7	20.7	25.2	26.4	23.6
钙 Ca	0.80	0.84	0.68	0.72	0.75	0.86	0.74	0.73

磷 P	0.48	0.45	0.39	0.42	0.47	0.45	0.40	0.43

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 15 000 IU，VD 2 200IU，VE 50 IU，Fe 55 mg，Cu 12.5 mg，Mn 47 mg，Zn 24 mg，Se 0.5 mg，I 0.5 mg，Co 0.1 mg。

2)营养水平为实测值。Nutrient levels were measured values.

1.3 饲养管理

试验羊舍为全开放式圈舍。试验羊试验前剪毛和打好耳号，免疫程序按羊场正规程序进行。试验前用强力消毒灵溶液对羊舍的地面、羊栏、运动场等喷洒消毒。每个重复单独圈舍饲养，每个圈舍半个月消毒1次（2%火碱溶液、3%漂白粉溶液、0.5%聚维酮碘溶液，轮流使用）。试验羊每天04:00和16:00各饲喂1次，自由饮水。正试期开始后，每3 d收集1次剩料，计算羊只在此阶段的平均采食量，按照自由采食的要求（剩料占饲喂量的10%），调整饲喂量。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生产性能

每天饲喂前记录饲喂量，每3 d收集记录1次剩料量，根据剩料量占饲喂量的比例，计算后续饲喂量，保证均为自由采食。对采食量和饲喂量均严格执行，做好记录，用于计算整个试验期各组羊的干物质采食量。每20 d以每个重复为单元进行1次称重，记录体重变化。

1.4.2 屠宰性能和器官指数

当CARS组羊只的平均体重达到44 kg时，每组选取健康、体重接近平均体重的10只羊，共40只羊，当日16:00称重，禁食、禁水16 h，次日07:00屠宰前再次称重。试验羊经二氧化碳至晕后，颈静脉放血屠宰。

屠宰前称取所有羊宰前活重。去头、蹄、内脏，剥皮后称出胴体重和内脏各器官重量。消化道清除内容物并冲洗干净后，分别称取瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃、小肠、大肠重量，进行记录。

用硫酸纸描绘倒数第1与第2肋骨之间脊椎上眼肌（背最长肌）的轮廓，待测眼肌面积；用游标卡尺测量在第12与第13肋骨之间，距离背脊中线11 cm处的组织厚度，即GR值。

主要指标计算公式如下：

胴体重（kg）=宰前活重—头、蹄、皮、尾、生殖器官及周围脂肪、内脏（保留肾脏和周围脂肪）的重量；

屠宰率（%）=100×胴体重/宰前活重。

1.4.3 肉品质

失水力测定：截取第1腰椎以后背最长肌5 cm肉样1段，平置在洁净的橡皮片上，用

直径为 2.532 cm 的圆形取样器（面积约 5 cm^2），切取中心部分厚度约为 1 cm 眼肌样品 1 块，立即用感量为 0.001 g 的天平称重，然后放置于铺有多层吸水性好的定性中速滤纸的压力计平台上，以水分不透出，全部吸净为准，一般为 18 层定性中速滤纸，肉样上方覆盖 18 层定性滤纸，上、下各加 1 块书写用的塑料板加压至 35 kg，保持 5 min，撤除压力后，立即称取肉样重量，计算失水率[7]。

肉色指标：现场采用柯尼卡美能达 CR-10 色差计测定每只羊相同部位背最长肌的亮度（L*）、红度（a*）和黄度（b*）值（每个样品测定 3 次后取平均值作为最终结果）。

1.5 数据处理分析

试验数据采用 Excel 2010 进行整理，采用 SAS 9.1 统计软件的 ANOVA 过程进行单因素方差分析（one-way ANOVA），差异显著则用 Duncan 氏法多重比较检验。P<0.05 作为差异显著的判断标准。

2 结 果

2.1 不同饲养标准对杜寒杂交肉羊生产性能的影响

由表 2 可知，CARS 组实际干物质采食量显著低于 NRC 组（P<0.05），与其他 2 组比较差异不显著（P>0.05）。CARS 组羊只的代谢能（ME）采食量显著低于 NRC、AFRC 组（P<0.05），与 HB 组比较差异不显著（P>0.05）。代谢蛋白质（MP）采食量和粗蛋白质（CP）采食量，CARS 组显著高于 NRC 和 AFRC 组（P<0.05），与 HB 组比较差异不显著（P<0.05）。中性洗涤纤维（NDF）采食量，CARS 组显著低于 NRC、AFRC 组（P<0.05），与 HB 组比较差异不显著（P<0.05）。钙（Ca）采食量和磷（P）采食量各组间无显著性差异（P>0.05）。

表 2 实际营养物质摄入量（干物质基础）

Table 2 Actual nutrient intakes （DM basis）

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
	CARS	NRC	AFRC	HB		
实际干物质采食量 Actual DMI/(kg/d)	1.20^{b}	1.29^{a}	1.23^{ab}	1.19^{b}	0.02	0.076
代谢能采食量 ME intake/(MJ/d)	11.8^{c}	12.3^{a}	12.1^{b}	11.9^{c}	0.1	<0.001
代谢蛋白质采食量 MP intake/(g/d)	118^{a}	100^{c}	113^{b}	117^{a}	2	<0.001

粗蛋白质采食量 CP intake/(g/d)	168^{a}	143^{c}	162^{b}	167^{a}	3	<0.001
中性洗涤纤维采食量 NDF intake/(g/d)	550^{c}	719^{a}	632^{b}	567^{c}	20	<0.001
钙采食量 Calcium intake/(g/d)	7.50	8.07	7.78	7.51	0.07	0.843
磷采食量 Phosphorus intake/(g/d)	4.55	4.32	4.39	4.41	0.02	0.541

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著（*P*>0.05），不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05）。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference（*P*>0.05）, while with different small letter superscripts mean significant difference （*P*<0.05）. The same as below.

由表 3 可知，CARS 组羊只的平均日增重和净增重显著高于 NRC 组（*P*<0.05），与其他 2 组差异不显著（*P*>0.05）。CARS 组羊只的饲料转化率显著低于 HB、AFRC 和 NRC 组（*P*<0.05），HB 组显著低于 AFRC、NRC 组（*P*<0.05），AFRC 组显著低于 NRC 组（*P*<0.05）。

表 3　不同饲养标准对杜寒杂交肉羊生产性能的影响

Table 3　Effects of different feeding standards on growth performance of Dorper×thin-tailed *Han* crossbred lambs

项目 Items	组别 Groups				SEM	*P* 值 *P*-value
	CARS	NRC	AFRC	HB		
始重 Initial body weight/kg	28.3	28.5	28.4	28.3	0.1	0.619
末重 Final body weight/kg	44.0^{a}	40.8^{b}	42.5^{a}	43.6^{a}	0.4	0.002
平均日增重 ADG/g	221^{a}	173^{b}	199^{a}	215^{a}	6	0.002
净增重 NG/kg	15.7^{a}	12.3^{b}	14.1^{a}	15.3^{a}	0.4	0.002
饲料转化率 FCR	5.61^{d}	7.68^{a}	6.81^{b}	6.23^{c}	0.23	<0.001

2.2　不同饲养标准对杜寒杂交肉羊屠宰性能的影响

由表4可知，CARS组羊只的宰前活重高于其他组，且显著高于AFRC和NRC组（*P*<0.05）。CARS 组羊只的胴体重高于其他组，且显著高于 NRC 组（*P*<0.05）。CARS 组羊只的屠宰率为 43.5%，高于其他组，且显著高于 NRC 组（*P*<0.05）。胴体的眼肌面积和 GR 值，在各组之间的差异不显著（*P*>0.05）。

表 4　不同饲养标准对杜寒杂交肉羊屠宰性能的影响

Table 4　Effects of different feeding standards on slaughter performance of Dorper×thin-tailed *Han* crossbred lambs

项目 Items	组别 Groups				SEM	*P* 值 *P*-value
	CARS	NRC	AFRC	HB		
宰前活重 LWBS/kg	44.9^{a}	40.6^{c}	43.0^{b}	44.7^{a}	0.3	<0.001
胴体重 Carcass weight/kg	19.5^{a}	16.7^{b}	17.8^{a}	18.9^{a}	0.2	<0.001
屠宰率 Dressing percentage/%	43.5^{a}	41.1^{b}	41.4^{ab}	42.3^{ab}	0.4	0.079
眼肌面积 Eye muscle area/cm^2	15.3	13.5	13.4	15.6	0.4	0.200
GR 值 GR value/mm	2.61	2.62	2.34	3.14	0.20	0.571

2.3　不同饲养标准对杜寒杂交肉羊内脏器官发育的影响

由表 5 可知，除心脏、脾脏重量外，不同饲养标准对杜寒杂交肉羊内脏器官的重量均有显著影响（*P*<0.05）。CARS 组羊只的肝脏重量高于其他各组，且显著高于 AFRC 和 NRC 组（*P*<0.05）。CARS 组羊只的肺脏重量和肾脏重量显著高于 NRC 组（*P*<0.05），与 AFRC 和 HB 组比较差异不显著（*P*>0.05）。CARS 组羊只的心脏、肝脏和肾脏重量占宰前活重比例显著高于 NRC、AFRC 和 HB 组（*P*<0.05）。肺脏和脾脏重量占宰前活重比例各组间差异均不显著（*P*>0.05）。

表 5　不同饲养标准对杜寒杂交肉羊内脏器官发育的影响

Table 5　Effects of different feeding standards on internal organ development of Dorper×thin-tailed *Han* crossbred lambs

项目 Items		组别 Groups				SEM	*P* 值 *P*-value
		CARS	NRC	AFRC	HB		
心脏 Heart	重量 Weight/g	220	210	220	220	0	0.785
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.49^{a}	0.47^{b}	0.47^{b}	0.47^{b}	0.00	0.008
肝脏 Liver	重量 Weight/g	810^{a}	680^{c}	760^{b}	780^{ab}	0	<0.001
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.80^{a}	1.69^{b}	1.76^{b}	1.75^{b}	0.02	0.002
肺脏 Lungs	重量 Weight/g	480^{a}	420^{b}	480^{a}	490^{a}	0	0.023
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.07	1.03	1.12	1.09	0.02	0.283
肾脏 Kidneys	重量 Weight/g	120^{a}	100^{b}	110^{ab}	110^{ab}	0	0.021
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.27^{a}	0.25^{b}	0.25^{b}	0.25^{b}	0.00	0.098
脾脏	重量 Weight/g	60	50	60	60	0	0.426

Spleen	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.13	0.13	0.14	0.13	0.01	0.687

2.4　不同饲养标准对杜寒杂交肉羊胃肠道发育的影响

由表 6 可知，瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃、复胃、小肠、大肠重量各组间差异均不显著（*P*>0.05）。瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃重量占复胃重量比例各组间差异均不显著（*P*>0.05）。瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃、复胃重量占宰前活重比例各组间差异均不显著（*P*>0.05）。CARS 组羊只的小肠、大肠占宰前活重比例均显著低于 NRC 组（*P*<0.05），与其他各组比较差异不显著（*P*>0.05）。

表 6　不同饲养标准对杜寒杂交肉羊胃肠道发育的影响

Table 6　Effects of different feeding standards on stomach and intestine development of Dorper×thin-tailed *Han* crossbred lambs

项目 Items		组别 Groups				SEM	*P* 值 *P*-value
		CARS	NRC	AFRC	HB		
瘤胃 Rumen	重量 Weight/g	810	760	790	820	0	0.463
	占复胃重量比例 Percentage of CSW/%	65.5	64.6	64.7	64.9	0.3	0.755
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.80	1.87	1.83	1.83	0.03	0.929
网胃 Reticulum	重量 Weight/g	130	130	130	140	0	0.818
	占复胃重量比例 Percentage of CSW/%	11.1	11.3	11.0	10.9	0.0	0.519
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.30	0.33	0.31	0.31	0.17	0.862
瓣胃 Omasum	重量 Weight/g	150	160	160	170	0	0.844
	占复胃重量比例 Percentage of CSW/%	11.0	10.8	10.8	10.8	0.3	0.994
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.33	0.31	0.30	0.30	0.01	0.929
皱胃 Abomasum	重量 Weight/g	130	130	130	140	0	0.267
	占复胃重量比例 Percentage of CSW/%	12.5	13.3	13.6	13.3	0.3	0.455
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.35	0.38	0.38	0.37	0.01	0.350
复胃 Complex stomach	重量 Weight/g	1 190	1 170	1 210	1 260	0	0.345
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	2.76	2.89	2.82	2.81	0.04	0.724
小肠 Small intestine	重量 Weight/g	720	780	760	780	0	0.548
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.67^{b}	1.93^{a}	1.77^{ab}	1.75^{ab}	0.04	0.185
大肠 Large intestine	重量 Weight/g	610	660	670	670	0	0.139
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.42^{b}	1.64^{a}	1.56^{ab}	1.50^{ab}	0.03	0.035

2.5　不同饲养标准对杜寒杂交肉羊肉品质的影响

由表 7 可知，背最长肌的失水力、背最长肌的肉色 L*、a*、b*值各组之间差异均不显著（$P>0.05$）。

表 7　不同饲养标准对杜寒杂交肉羊肉品质的影响

Table 7　Effects of different feeding standards on meat quality of Dorper×thin-tailed *Han* crossbred lambs

项目 Items		组别 Groups				SEM	*P* 值
		CARS	NRC	AFRC	HB		*P*-value
失水力 Water losing rate/g		19.7	19.5	15.3	15.9	0.8	0.064
肉色 Meat color	亮度 L*	31.1	31.5	31.5	30.0	0.3	0.121
	红度 a*	6.34	6.64	6.95	7.06	0.18	0.476
	黄度 b*	5.32	5.11	5.56	5.15	0.13	0.605

3　讨　论

3.1　杜寒杂交肉羊采食量与生产性能的特点

目前，国外现行主要绵羊营养需要量的标准来自英国（AFRC，1993）、澳大利亚（CSIRO，2007）、美国（NRC，2007）和法国（INRA，1989）[6]，不同的饲养标准均根据本国实际情况制订。本试验采用日增重 300 g 的营养需要量配制饲粮，结果发现大群育肥羊的平均增重情况比实验室条件下的日增重稍低，CARS 育肥羊的生产性能和本团队许贵善[3]、邓凯东[6]的研究数据比较，日增重只达到前人研究结果的 74.67%；NRC 的试验羊只日增重达到标准的 57.67%；AFRC 的试验羊只日增重达到标准的 65.67%；HB 的试验羊只日增重同样低于标准的要求，达到标准的 71.67%。具体营养物质摄入量，CARS、NRC、AFRC、HB 试验羊的 ME 采食量分别比目标低 20.07%、14.64%、16.71%、19.23%；MP 采食量分别比目标低 19.61%、13.25%、14.55%、19.17%。其原因主要有 2 方面，一是本试验开展期间环境温度低（平均在 0 ℃以下），且伴有大风暴雪情况，外界极低的温度不仅未能促进羊只的采食，反而降低了其营养物质的摄入量。陈喜斌[8]研究不同环境温度对生长期莎能奶山羊日增重的影响，结果发现环境温度的下降可能会导致动物采食量的降低，从而引起日增重的下降，这和本试验的结果一致。二是大群试验本身存在控制变量较难的情况，如个体间的采食量或增重情况无法像实验室条件下一样均匀。王磊等[9]研究不同饲养密度冬季育肥羊的生长情况，结果得出冬季羊只适宜密度可以提高环境温度，降低羊只维持营养需要，促进动物生长。本试验羊只平均占地 2 m^2/只，而且全为舍外饲养，最低温度达到-29 ℃，羊只营养需

要必须先满足自身维持需要，因此羊只的生长受到影响。但实际营养物质摄入量，均高于各个饲养标准日增重 200 g 的营养需要，但低于日增重 250 g 的营养需要。另外，研究表明 NRC 给出的营养需要量为满足动物正常生长时的最低需要量[10]。此外，本试验结果表明，日增重和干物质采食量之间呈线性相关（r^2=0.92），Ma 等[11]研究亦表明，肉羊日增重和干物质采食量之间存在显著相关关系（r^2=0.96），也从侧面反映出本试验日增重和干物质采食量符合标准育肥羊生长营养要求。

究其相同日增重下不同标准产生的差异，主要由以下几个因素决定。第一，从各个标准的营养特点来看，根据 NRC 配制的饲粮属于高能量低蛋白质类型；AFRC 有独立的计算公式，其中 q_m 区分了不同日增重下的总能代谢率，本试验采用日增重 300 g，q_m=0.69，区别于其他标准；HB 主要引用国外标准的计算方法以及相关数据[12]；CARS 则是本实验室通过经典的比较屠宰试验、物质代谢和气体代谢试验实测能量和蛋白质需要量并制订的饲养标准。第二，从肉羊品种差异而言，我国大多引进国外纯种肉羊杂交当地品种羊，所产后代属于杂交肉羊。而国外均以纯种肉羊品种为研究对象，不同标准针对的羊品种也存在一定差异。而杜寒杂交羊属于早熟品种羊，因此采用 NRC 针对早熟品种羊能量和蛋白质需要进行配方的设计，而 AFRC 并未区分早熟晚熟品种，以性别区分为公羊、母羊和去势羊，HB 以育肥山羊和育肥绵羊为区分对能量和蛋白质需要提出不同的推荐量，CARS 则是专门针对杜寒杂交肉羊制订的饲养标准。第三，各个标准的时效性，NRC 于 2007 年公布育肥肉羊的饲养标准，AFRC 则为 1993 年公布的饲养标准，HB 为 2004 年推荐的行业标准，而 CARS 是随着 2009 年国家肉羊产业技术体系的成立，进而开展肉羊营养需要的研究，为时 6 年所得到有针对性的标准参数，也是最新的研究成果。第四，我国和国外比较牧草种类繁多，从反刍动物饲料来源来讲，来源广泛，从饲料营养比例来讲，也存在差异；最后，各国饲养标准的制订也基于不同饲养模式，如英国存在相当一部分的放牧加补饲的饲喂模式，而我国今后的发展趋势为舍饲养殖，因此不同饲养标准的制订也与各国的养殖情况有直接关系。

3.2 杜寒杂交肉羊屠宰性能及肉品质特点

屠宰性能是动物经济价值的直观表现，也直接反映出动物的生产性能[13-14]，其中以动物胴体重和屠宰率等重要指标是经济收益的主要影响因素。从肉质性能而言，不同品种羊之间存在差异，尤其表现在早熟和晚熟品种羊[15]。研究表明，杜泊羊的同期出栏体重高于毛用

品种的羊，杜泊羊在 169 日龄的体重达到 41 kg，而同样的出栏体重美利奴羊需要 339 d，就屠宰性能而言，杜泊羊远高于美利奴羊[15]。另外，肉质性能还和屠宰体重相关，本试验 CARS 组屠宰体重为 44.9 kg，处于育肥期的肥育阶段，分配给器官生长、骨骼发育、肌肉的营养物质较多，而用于组织沉积脂肪的营养物质相对较少。本试验的屠宰率，CARS 组高于其他各组，但各组的屠宰率均符合先前本团队在杜寒杂交肉羊上研究得出的屠宰率（40%～44.5%），略低于聂海涛等[16]研究杜湖杂交羊的屠宰率[（42.14±2.18）%～（44.18±3.81）%]，显著低于王德芹等[17]研究杜寒杂交肉羊的屠宰率 F1 代（50.1%）、F2 代（54.2%）。主要原因在于本试验所研究的试验羊均属于大型品种杂交肉羊，屠宰时体况虽均已达到体成熟，但体成熟不完全。动物体脂含量与饲粮能量水平密切相关，从各个标准配方中可以看出，本试验第 2 阶段 40～50 kg 各组饲粮能量水平明显高于 30～40 kg 能量水平，一方面为了满足机体对能量的需要，另一方面也是满足动物体成熟后脂肪的沉积。随着机体发育的完全定型，进食的营养物质将主要用于脂肪的沉积，可获得更高的屠宰率。

肉羊的品质会受到羊品种和饲养管理的影响[18]，肉色也主要取决于羊的品种，同时也是消费者选择肉品的重要方法[19]，失水率直接影响肉品的多汁性[20]。本试验结果中，CARS、NRC、AFRC、HB 组背最长肌 L*、a*、b*值各组间差异均不显著。失水率组间无显著性差异。本试验结果表明，在寒冷条件下，不同饲养标准对杜寒杂交肉羊的肉品质无显著性影响，也说明，羊在外界环境相对严寒的情况下生长，不会对羊肉的品质造成影响。

3.3 杜寒杂交肉羊内脏器官和胃肠道重量及发育特点

动物机体的机能状态在一定程度上可以通过内脏器官的重量和器官指数来说明，对于理论研究和生产实践都具有重要意义[21]。本试验所选取的试验羊均为同龄羊，因饲养标准的不同造成器官重量及其所占宰前活重比例的显著性差异，说明营养水平的差异对动物内脏器官发育产生影响。其中影响比较明显的是肝脏重量及其所占宰前活重比例，CARS 组羊只的肝脏重量达到 810 g，显著高于 NRC 和 AFRC，CARS 组羊只的肝脏重量占宰前活重比例达到 1.89%，显著高于其他各组，CARS 和许贵善[3]、邓凯东[6]的研究结果比较，在其研究报道的范围之内，说明肝脏担当着动物体内新陈代谢的重要器官，同时也是动物消化系统最大的消化腺，跟动物所摄取的营养物质和动物体重的不断增加存在正相关。另外从本试验结果看，虽然肺脏重量 CARS、AFRC、HB 组显著高于 NRC 组，但其所占宰前活重比例差异不

显著，表明动物肺脏的发育与整个机体相协调，这可能是严寒条件下对动物肺脏的发育并未产生影响，也说明动物整体发育和肺脏发育的本能协调。肾脏的重要功能是通过尿液的形式排泄代谢废物，本试验结果中 CARS 组羊只的肾脏重量占宰前活重比例为 0.27%，许贵善[3]和邓凯东[6]的研究结果为 0.26%～0.32%。心脏的作用是推动血清流向各组织、器官，以供应氧和营养物质，并带走代谢的终产物（二氧化碳、尿素和尿酸）等，维持细胞正常代谢和功能[22]。本试验结果得出心脏重量各组间均没有差异，CARS 组羊只的心脏重量占宰前活重比例为 0.50%，许贵善[3]和邓凯东[6]的研究结果为 0.45%～0.53%。脾脏作为动物机体的主要免疫器官，其重量和占宰前活重比例能一定程度上说明其功能的强弱。本试验结果表明，不同饲养标准对杜寒杂交肉羊免疫能力无显著影响。综上所述，本试验各组内脏器官重量均在正常范围内，且与屠宰体重呈正相关。另外，不同饲养标准对杜寒杂交羊内脏器官的发育并没有受冬季严寒条件的绝对影响，也说明了动物在生长过程中，其内脏器官发育在一定程度上不受环境的影响。

反刍动物胃肠道的发育程度直接关系到动物的采食能力和消化能力，其中以瘤胃的发育最为重要，直接关系着动物成年以后的生产性能[23]。从本试验的结果来看，不同饲养标准对杜寒杂交羊胃肠道和复胃重量各组间差异均不显著。另外各组胃和复胃重量所占宰前活重比例之间也无显著性差异，而小肠、大肠与组间呈现出显著性差异，NRC 组显著高于 CARS 组，和 AFRC、HB 组间比较差异均不显著。主要由于 NRC 组羊只的宰前活重均低于其他几组，所以小肠、大肠各组间重量无显著性差异，反而重量占宰前活重比例出现了显著性差异。

4 结 论

① 执行 CARS 饲养标准得到的肉羊的增重和饲料转化率高于其他标准。

② 从羊只的屠宰性能来看，效果为 CARS>HB>AFRC>NRC。

③ 不同饲养标准对肉羊的内脏器官重量产生影响，重量与羊只的屠宰体重均呈正相关。

④不同饲养标准对肉羊胃肠道发育无显著性影响。

参考文献：

[1] 柴建民,刁其玉,屠焰,等.早期断奶时间对湖羊羔羊组织器官发育、屠宰性能和肉品质的影响[J].动物营养学报,2014,26(7):1838–1847.

[2] 许贵善,刁其玉,纪守坤,等.不同饲喂水平对肉用绵羊生长性能、屠宰性能及器官指数的

影响[J].动物营养学报,2012,24(5):953–960.

[3] 许贵善.20~35kg 杜寒杂交羔羊能量与蛋白质需要量参数的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2013.

[4] XU G S,MA T,JI S K,et al.Energy requirements for maintenance and growth of early-weaned Dorper crossbred male lambs[J].Livestock Science,2015,177:71–78.

[5] DENG K D,DIAO Q Y,JIANG C G,et al.Energy requirements for maintenance and growth of Dorper crossbred ram lambs[J].Livestock Science,2012,150(1/2/3):102–110.

[6] 邓凯东.育肥绵羊的能量和蛋白质需要量研究[R]//中国农业科学院博士后研究工作报告.北京:中国农业科学院,2010.

[7] 徐平.羔羊早期断奶应用研究[D].硕士学位论文.兰州:甘肃农业大学,2008.

[8] 陈喜斌,金公亮.生长期莎能奶山羊能量代谢研究——III.不同环境温度、不同体重和不同代谢能采食量对生长期莎能奶山羊日增重的影响[J].动物营养学报,1997,9(4):56–60.

[9] 王磊,陈文武,吴荷群,等.冬季不同饲养密度对肉羊生产性能的影响[J].西北农业学报,2015,24(7):23–27.

[10] CROMWELL G L.Trace minerals in pig production.Part 2.Setting the NRC standards for minerals[J].Animal Science Abroad:Pig and Poultry,2008,24(4):15-17.

[11] MA T,DENG K D,JIANG C G,et al.The relationship between microbial N synthesis and urinary excretion of purine derivatives in Dorper×thin-tailed *Han* crossbred sheep[J].Small Ruminant Research,2013,112(1/2/3):49–55.

[12] 杨红建.肉牛和肉用羊饲养标准起草与制定研究[R]//中国农业科学院博士后学位论文.北京:中国农业科学院,2003.

[13] 蔡建森,刁其玉.合饲肉羊的营养需要量[C]//2006 中国羊业进展:第三届中国羊业发展大会论文集.兰州:中国畜牧业协会,2006.

[14] ALVAREZ-RODRIGUEZ J,SANZ A,DELFA R,et al.Performance and grazing behaviour of Churra Tensing sheep stocked under different management systems during lactation on Spanish mountain pastures[J].Livestock Science,2007,107(2/3):152–161.

[15] CLOETE S W P,SNYMAN M A,HERSELMAN M J.Productive performance of Dorper

sheep[J].Small Ruminant Research,2000,36(2):119–135.

[16] 聂海涛,王子玉,应诗家,等.采食量水平对杜湖 F1 代羊肉品质的影响[J].江苏农业科学,2012,40(1):179–181.

[17] 王德芹,王金文,崔绪奎,等.杜泊绵羊与小尾寒羊杂交后代生产性能研究[J].中国草食动物,2010,30(3):32–35.

[18] NAPOLITANO F,CIFUNI G F,PACELLI C,et al.Effect of artificial rearing on lamb welfare and meat quality[J].Meat Science,2002,60(3):307–315.

[19] ZAPOTOCZNY P,SZCZYPIŃSKI P M,DASZKIEWICZ T.Evaluation of the quality of cold meats by computer-assisted image analysis[J].LWT:Food Science and Technology,2016,67:37–49.

[20] AGUAYO-ULLOA L A,DE LA LAMA G C M,PASCUAL-ALONSO M,et al.Effect of feeding regime during finishing on lamb welfare,production performance and meat quality[J].Small Ruminant Research,2013,111(1/2/3):147–156.

[21] 张晋青,岳度兵,罗海玲,等.日粮中维生素 E 水平对敖汉细毛羊内脏器官生长发育的影响[J].中国畜牧杂志,2010,46(17):43–46.

[22] 孙丽莎,赵睿,崔慧慧,等.饲粮不同水平蚕沙对绵羊生长性能、屠宰性能、器官发育和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2015(3):941–947.

[23] 岳喜新,刁其玉,邓凯东,等.饲喂代乳粉对羔羊生长性能和体组织参数的影响[J].饲料工业,2010,31(19):43–46.

Effects of Different Feeding Standards on Growth and Slaughter Performance of Dorper×thin-tailed *Han* Crossbred Meat Lambs

WAN Fan[1,2] MA Tao[2] MA Chen[1] YANG Dong[2] TU Yan[2] YANG Kailun[1*] DIAO Qiyu[2*]

(1. *Xinjiang Agricultural University*, *Urumqi* 830052, *China*; 2. *Key Laboratory of Feed Biotechnology of the Ministry of Agriculture*, *Feed Research Institute*， *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Beijing* 100081, *China*)

Abstract: In order to provide the basis for determination of appropriate feeding standard, this

*Corresponding authors: YANG Kailun, professor, E-mail: yangkailun2002@aliyun.com; DIAO Qiyu, professor, E-mail: diaoqiyu@caas.cn (责任编辑　王智航)

experiment compared the effects of different feeding standards on weight gain, organ development, slaughter performance and meat quality of Dorper×thin-tailed *Han* crossbred meat lambs. Six hundreds Dorper×thin-tailed *Han* crossbred male lambs [(28.3±0.86) kg of body weight] were randomly assigned into 4 groups with 3 replicates in each group and 50 lambs per replicate in a single factor experimental design. The experimental diets were formulated according to the following four feeding standards: feeding standard established by our laboratory (key laboratory of feed biotechnology of the ministry of agriculture, feed research institute， Chinese academy of agricultural sciences) based on the study of nutrient requirements of Dorper×thin-tailed *Han* crossbred sheep (abbreviated to 'CARS'), NRC (2007, USA), AFRC (1993, UK) and *Feeding Standard OF Meat-Producing Sheep and Goats* of Chinese agricultural industry standards (HB, NY/T 816-2004). The experiment lasted for 81 d, feed intake was recorded every 3 days and lambs were weighed every 20 days. Ten lambs in each group were slaughtered to determine slaughter performance, tissue and organ weight and meat quality after the lambs in CARS group reached 44 kg of average body weight. The results showed as follows: actual dry matter intake showed NRC group>AFRC group>CARS group>HB group, and significant differences were observed between NRC group and CARS or HB groups ($P<0.05$), but there was no significant difference among the other groups ($P>0.05$). For average average daily gain and carcass weight, no significant differences were observed among CARS, HB and AFRC groups ($P>0.05$), but these groups were significantly higher than NRC group ($P<0.05$). There were significant differences of feed conversion ratio among groups ($P<0.05$), and CARS group<HB group<AFRC group<NRC group. For dressing percentage, CARS group was significantly higher than NRC group ($P<0.05$), but no significant differences were found among CARS, AFRC and HB groups ($P>0.05$). The percentages of heart, kidneys and liver weight of live weight before slaughter in CARS group were significantly higher than those in the other three groups ($P<0.05$). Water losing rate and meat color's L*, a* and b* values of the longissimus were not significantly different among all groups ($P>0.05$). In conclusion, the actual average daily gain of Dorper×thin-tailed *Han* sheep crossbred meat lambs is 200 to 250 g; From weight gain and slaughter performance aspects, the standard of

CARS has advantages over foreign feeding standards.

Key words: meat sheep; feeding standard; growth performance; slaughter performance; organ index